CRDP
Limousin

# Manuel d'utilisation de la maquette

# AÉROGÉNÉRATEUR À COURANT ALTERNATIF

## (énergie éolienne avec transformation d'énergie)

## Enseignement primaire et collège

| Articles | Code |
|---|---|
| Aérogénérateur à courant alternatif | 870M0002 |

*Document non contractuel*

# L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable. C'est l'énergie créée à partir du vent et plus largement par tout déplacement d'air. Elle tire son nom d'Éole (en grec ancien Αἴολος / Aiolos), le nom donné au dieu du vent dans la Grèce antique.

Dans la mythologie grecque, Éole était un personnage assimilé au dieu des Vents. C'était le fils de Poséidon. Il gardait les vents enfermés dans une outre et ne les libérait que sous l'ordre de Zeus ou de son père. Lors de *l'Odyssée*, il donna à Ulysse une de ses outres qui lui permettrait de regagner Ithaque. Mais un des marins l'ouvrit et le vent les ramena vers les îles éoliennes. Cette fois ci, Éole chassa les grecs les croyant maudits par les dieux

L'*Énéide* présente une version différente : *« Dans une vaste caverne, Éole tient enchaînés et emprisonnés les vents, qui s'efforcent de fuir, ainsi que les tempêtes bruyantes. »*

De son nom découle l'adjectif éolien et le substantif éolienne.

La maquette présentée dans ce document fonctionne sur le principe de l'éolien avec transformation d'énergie.

# Principe de fonctionnement

L'éolienne est accouplée à un générateur électrique pour fabriquer du courant continu ou alternatif, le générateur est relié à un réseau électrique ou bien il fonctionne de manière autonome avec un générateur d'appoint (par exemple un groupe électrogène) et/ou un parc de batteries ou un autre dispositif de stockage d'énergie.

L'énergie éolienne peut être utilisée de deux manières :

- Conservation de l'énergie mécanique : le vent est utilisé pour faire avancer un véhicule (navire à voile ou char à voile), pour pomper de l'eau (moulins de Majorque, éoliennes de pompage pour abreuver le bétail) ou pour faire tourner la meule d'un moulin. Il est à noter que les instruments de musique à vent partent du même principe de transformation : un déplacement d'air. Le souffle est transformé en une énergie mécanique, le son.

- Transformation en énergie électrique : comme pour un moulin à vent, le déplacement d'air plus ou moins linéaire est transformé en un mouvement rotatif qui n'est pas cette fois ci utilisé immédiatement.

# Descriptif et présentation de la maquette

La maquette est composée :

- d'une hélice entraînée par le vent
- d'un alternateur
- d'un tachymètre
- d'une LED sur support de dipôle

Générateur de
courant alternatif
Hélice
Tachymètre
Support de dipôle
(pas de 38 mm, équipé d'une diode
électroluminescente DEL)
Boîtier de raccordement électrique
(équipé de 4 douilles de sécurité de 4
mm : 2 pour la sortie de l'alternateur et
2 pour la sortie du tachymètre)

*Aérogénérateur à courant alternatif*

Alimentée par l'énergie éolienne, cette maquette produit un courant alternatif sinusoïdal exploitable sur un oscilloscope. Il est ainsi possible de mesurer la période et de l'amplitude du signal en fonction de la vitesse du vent. Une diode DEL fournie sur support de dipôle permet d'étudier la persistance rétinienne de l'œil en fonction de la fréquence du signal électrique.

La présence d'un capteur électromagnétique (tachymètre) permet de déterminer la vitesse de rotation de l'hélice.

# Suggestions pour la classe

**Au primaire**
La maquette permet surtout d'appréhender la notion d'énergie renouvelable et une approche de la transformation des énergies par allumage de la diode en faisant tourner une hélice.

**Au collège, en classe de quatrième et troisième**
L'aérogénérateur peut très bien accompagner la leçon sur l'alternateur et montrer comment on créé du courant alternatif à partir d'un mouvement et à l'aide d'un dispositif bobine-aimant. On peut aussi visualiser le signal électrique du générateur.

1. Implanter la diode DEL dans la connectique du boîtier.

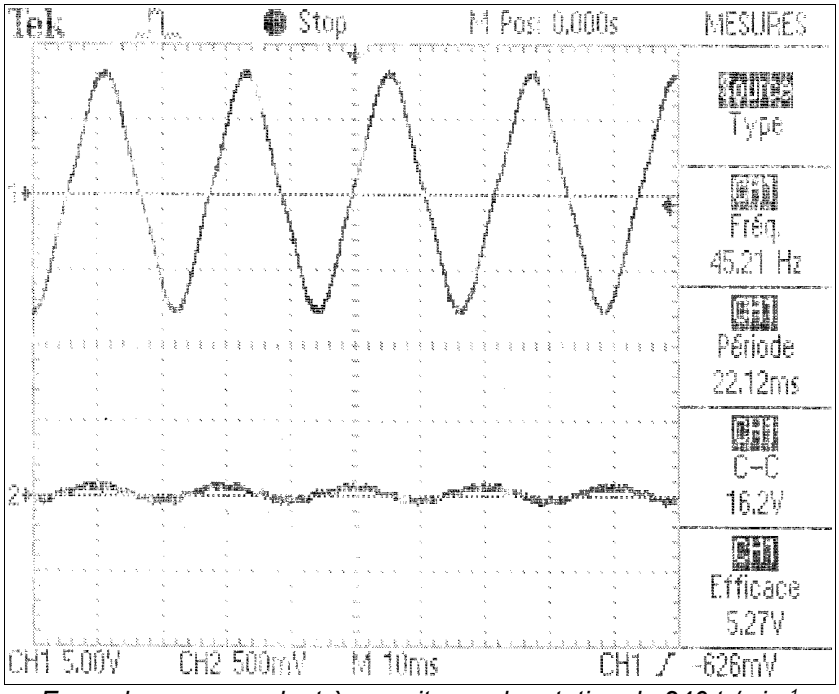
2. Visualiser l'éclairement de la diode en fonction de la vitesse de rotation de l'hélice.
De part la nature du courant alternatif, la diode DEL ne s'allume pas régulièrement ; elle scintille de plus en plus rapidement au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse de rotation du générateur. Quand la fréquence de l'éclair atteint le seuil de la persistance rétinienne de l'œil, on ne distingue plus de scintillement. L'augmentation de la vitesse de rotation engendre aussi un accroissement de la tension électrique de sortie et de l'éclairement de la DEL.

3. Visualiser la tension électrique délivrée par l'alternateur.

4. Connecter la sortie du boîtier électrique sur une entrée de l'oscilloscope, après avoir enlevé la diode DEL.

Réglages des calibres de l'oscilloscope :
- Calibre de la base de temps : 10 ms/division
- Calibre de la déviation verticale : 5 V/division

Observation du signal électrique :



*Exemple correspondant à une vitesse de rotation de 240 tr/min.*[1]

Période du signal : T = 10 ms/division x 2,2 = 22 ms

Fréquence du signal : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{22\,x\,10^{-3}} = 45\,Hz$

Amplitude du signal (tension électrique)

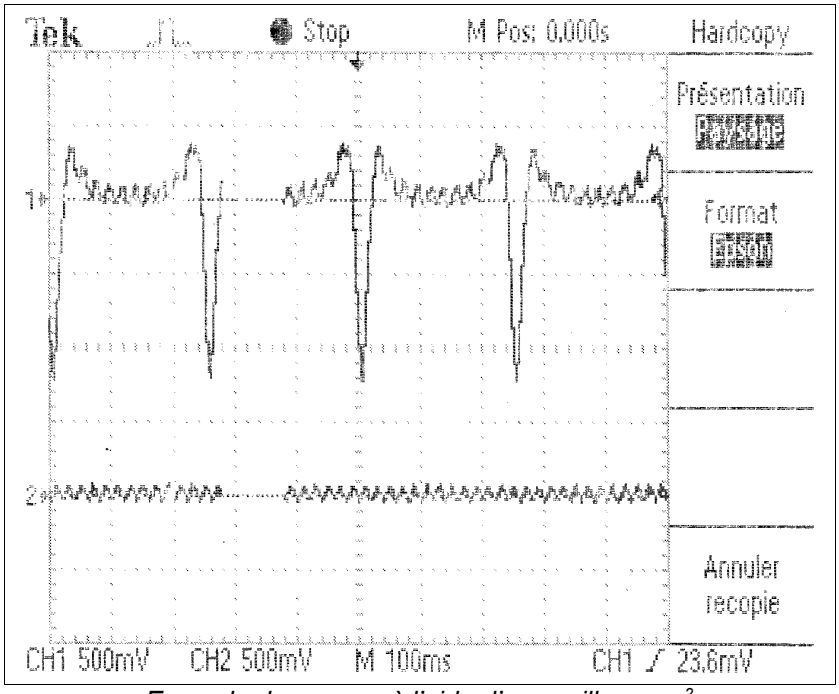
Valeur crête/crête à l'oscilloscope : U = 5 V/division x 3,2 = 16 volts

Valeur efficace mesurée à l'aide d'un multimètre en fonction voltmètre alternatif : U = 5 V.

1 Les mesures électriques citées en référence sur la documentation d'accompagnement correspondent à une maquette de première génération et peuvent ne pas être identiques sur votre nouvelle maquette. En effet, les caractéristiques des générateurs diffèrent en fonction des approvisionnements.

**Au lycée**
Grâce au tachymètre on peut mesurer la vitesse de rotation de l'hélice et en déduire sa vitesse angulaire.

La maquette est munie d'un tachymètre. Il s'agit d'un instrument permettant de mesurer la vitesse de rotation de l'hélice. La sonde tachymétrique, intégrée à la maquette, doit être connectée à un oscilloscope afin de mesurer le temps mis par l'hélice pour effectuer un tour.
La sonde délivre un pic de tension à chaque tour (amplitude 1 volt).



*Exemple de mesure à l'aide d'un oscilloscope*[2]

Période du signal : 100 ms/division x 2,5 = 250 ms
Temps T mis par l'hélice pour effectuer un tour = 250 ms
Vitesse de rotation de l'hélice :

$$\Omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T}$$
$$\Omega = 25{,}1\, rad/s$$

On peut convertir cette vitesse angulaire en tr/s en divisant par 2π et on obtient une vitesse angulaire de 4 tr/s. Enfin, on peut la convertir en tr/min en multipliant par 60 et on obtient une vitesse angulaire de 240 tr/mn.

*Remarque* : il est souhaitable de prévoir plusieurs manipulations en fonction de la distance de l'hélice à la source d'air en mouvement. En effet, cette distance influe sur la vitesse de rotation de l'hélice.

2 Les mesures électriques citées en référence sur la documentation d'accompagnement correspondent à une maquette de première génération et peuvent ne pas être identiques sur votre nouvelle maquette. En effet, les caractéristiques des tachymètres diffèrent en fonction des approvisionnements.

# Utilisation de la maquette

Il est possible de créer artificiellement du vent en utilisant un ventilateur (protégé) ou un sèche cheveux (soufflant de l'air froid pour des raisons de sécurité). On placera la maquette dans la zone où l'air s'écoule. L'avant de la maquette (les pâles) sera placé selon une direction proche (à une dizaine de degrés près) de la direction du vent. Le vent, par son action sur les pâles va entraîner l'hélice.

L'hélice est fixée sur un axe qui est donc lui même en rotation (à la même vitesse angulaire). Cet axe est relié à l'alternateur. L'alternateur est une machine électrique qui convertit l'énergie mécanique (rotation d'un axe) en énergie électrique. C'est en quelque sorte l'opposé d'un moteur électrique (moteur synchrone). L'alternateur est constitué d'un rotor (partie tournante) et d'un stator (partie fixe).

- Le rotor est l'inducteur.

Il peut être un aimant permanent, la régulation de la tension de sortie se fera en régulant la vitesse de rotation de l'alternateur, (la fréquence du courant variera également). C'est le principe de la dynamo de vélo, qui est en fait un petit alternateur.
Plus couramment, un électroaimant assure l'induction. Ce bobinage est alimenté en courant continu souvent à l'aide d'un collecteur à bague rotatif (une double bague avec balais).
Dans cette maquette, le champ magnétique inducteur est créé (pour des raisons de simplicité) par un aimant permanent.

- Le stator est l'induit.

Il est constitué d'enroulements qui vont être le siège de courant électrique alternatif induit par le champ magnétique créé par l'inducteur en mouvement. Le phénomène décrit ici porte le nom d'induction magnétique. Le champ magnétique (et plus particulièrement le flux magnétique) vu par la bobine d'induit est variable, une tension variable apparaît donc aux bornes de l'induit.
La loi de Faraday indique ainsi que lorsqu'on fait varier, par un procédé quelconque, le flux ( $\Phi$ ) du champ magnétique (B) qui traverse un circuit fermé conducteur, ce circuit est le siège d'un courant, dit courant induit. La loi de Lenz précise alors que le sens du courant induit est tel que le flux (qu'il produit à travers les circuits qu'il parcourt) tend à s'opposer à la variation de flux qui lui donne naissance.

On montre en outre que la tension induite *e* s'exprime en fonction de la dérivée du flux $\Phi$ du champ magnétique dit d'induction, traversant la bobine (induit), par rapport au temps *t* :

$$e(t) = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Le flux $\Phi$ du champ magnétique créé par l'inducteur en mouvement étant variable, on a ainsi créé une tension électrique elle-même variable (et quasi sinusoïdale).